



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 325 848**

② Número de solicitud: 200702993

⑤ Int. Cl.:
H01L 31/042 (2006.01)
H01M 8/06 (2006.01)
H01M 16/00 (2006.01)
H02J 3/32 (2006.01)
H02J 3/38 (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

② Fecha de presentación: **13.11.2007**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **21.09.2009**

④ Fecha de publicación del folleto de la solicitud: **21.09.2009**

⑦ Solicitante/s:
SOLAR INICIATIVAS TECNOLÓGICAS, S.L.
Ravalet, nº 30
03440 Ibi, Alicante, ES

⑦ Inventor/es: **Beneito Pérez, Rubén;**
Pérez Herranz, Valentín;
Moltó Payá, Manuel;
Molina Tortosa, José Antonio;
Navarro Berbegal, Rafael y
Vilaplana Cerdá, Joaquín

⑦ Agente: **Ungría López, Javier**

⑤ Título: **Sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica.**

⑤ Resumen:

Sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica.

Cuenta con al menos un módulo de células fotovoltaicas (1) que alimenta a un electrolizador (3) que genera hidrógeno y que cuenta con medios de almacenamiento del hidrógeno producido; incluyéndose al menos una pila de combustible (2) que permite generar energía eléctrica a partir del hidrógeno almacenado; facilitándose mejoras en rendimiento de producción de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica y su disponibilidad al emplearse el hidrógeno como vector energético de almacenamiento intermedio.

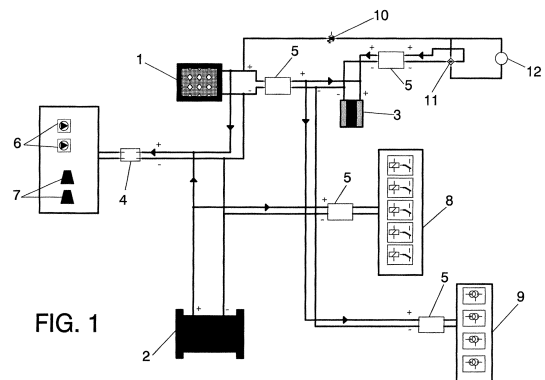


FIG. 1

ES 2 325 848 A1

DESCRIPCIÓN

Sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica.

5 Objeto de la invención

La presente invención, tal y como se expresa en el enunciado de esta memoria descriptiva, se refiere a un sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica cuya finalidad consiste en facilitar una fuente energética independiente que pueda utilizarse como medio de abastecimiento en sitios aislados de las redes de distribución de energía eléctrica comerciales, o como medio de apoyo cuando se producen fallos en la red comercial; facilitándose además mediante la invención la mejora en el rendimiento de producción de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica y su disponibilidad, debido al empleo de hidrógeno como vector energético de almacenamiento intermedio.

El objetivo principal de la invención consiste en facilitar el desarrollo de plantas de generación de energía eléctrica y de producción, almacenamiento y utilización de hidrógeno, haciendo uso de lo que se conoce como ciclo solar del hidrógeno.

20 Antecedentes de la invención

El sistema energético actual está basado en la utilización de hidrocarburos fósiles, lo cual lleva asociada una serie de problemas.

En primer lugar se debe mencionar que se trata de una fuente con reservas limitadas, y aunque se especula sobre la duración de dichas reservas, es cierto que no llegarán a abastecer la totalidad del siglo XXI. Por otro lado, la combustión de hidrocarburos fósiles genera gases de efecto invernadero como CO₂, junto con otros contaminantes como NO_x, SO_x que suponen una seria amenaza para la Salud Pública y el Medio ambiente. Durante la cumbre de Kyoto, se adquirió un compromiso mundial para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, en especial CO₂.

Dicha reducción se puede acometer mediante dos enfoques claramente distintos. Por un lado, desarrollando sistemas de secuestro de CO₂ asociados a la utilización de hidrocarburos fósiles. Sin embargo, en este enfoque sigue latente el problema ligado a la duración de las reservas de los mismos. O bien, se le puede dar otro enfoque, que es el planteamiento de la utilización de un sistema energético alternativo que no se basa en el ciclo del carbono, de manera que se eliminen las emisiones de contaminantes, y por otro lado, que ese sistema energético sea sostenible y tenga una base renovable. Para conseguir tal fin se puede utilizar el hidrógeno, elemento más abundante en la naturaleza al formar parte del agua. Sin embargo, el hidrógeno es un vector energético y no se encuentra libre en la naturaleza, por lo que necesita de un aporte de energía para su obtención.

Por otro lado, en numerosas aplicaciones es necesario disponer de sistemas de generación de energía eléctrica independientes de la red de abastecimiento comercial, como por ejemplo, en sistemas de telecomunicaciones aislados, mantenimiento de redes de ordenadores, cualquier aplicación en la que no haya acceso a la red comercial, o como sistema de apoyo independiente que entre en funcionamiento cuando se produce un fallo en la red de distribución comercial. Convencionalmente estos problemas se solucionan utilizando generadores diesel o de gas natural que en algunos casos se asocian a un conjunto de baterías que permiten el almacenamiento de la energía. Cuando la red comercial falla, se pone en funcionamiento el generador diesel y las baterías se utilizan normalmente para suministrar energía al sistema mientras se detecta el fallo en la red comercial y se pone en funcionamiento el generador. Si se produce un fallo en el generador, las baterías continúan funcionando hasta que se produce su descarga.

Las expectativas de la economía del hidrógeno se basan en que éste pueda producirse a partir de recursos domésticos, de forma económica y medioambientalmente aceptable. En la medida en que se alcancen estas expectativas, una economía del hidrógeno beneficiará al mundo proporcionando una mayor seguridad energética y una mayor calidad medioambiental. El hidrógeno y la electricidad pueden convertirse en dos portadores de energía complementarios e intercambiables que, en función del tipo de demanda energética y del lugar de suministro final de la energía, pueden ofrecer menores o nulas emisiones de contaminantes (hidrógeno y electricidad renovables).

La complementariedad del hidrógeno y la electricidad se basa en la existencia de los electrolizadores, que consumiendo agua y electricidad producen hidrógeno y oxígeno, y de las pilas de combustible que a partir de hidrógeno y oxígeno del aire producen electricidad.

Las propiedades favorables del hidrógeno para ser utilizado como combustible son bien conocidas desde antiguo: reservas prácticamente ilimitadas, facilidad de combustión completa y bajo nivel de contaminantes atmosféricos.

Por otra parte, hay aspectos desfavorables que han impedido la difusión del uso del hidrógeno como combustible: no existe libre en la naturaleza, los esquemas tradicionales de obtención arrojan un balance energético negativo a lo largo del ciclo de vida, así como un elevado coste de producción, y presenta una escasa densidad energética por unidad de volumen que dificulta y encarece su manipulación y almacenamiento.

ES 2 325 848 A1

En la actualidad prácticamente el 95% del hidrógeno mundial se produce a partir de combustibles fósiles, principalmente por reformado de gas natural, y se utiliza como un componente que forma parte de multitud de procesos industriales convencionales (amoníaco, refino de petróleo, metanol, etc). Se destina en torno al 4% del hidrógeno producido a otras transformaciones de la industria química y el resto, se utiliza en propulsión de vehículos espaciales.

En este sentido conviene recalcar que el hidrógeno no es un recurso. El hidrógeno no se encuentra libre en la naturaleza, no se puede acceder a él por minería o extracción como en los combustibles fósiles. Por tanto, si queremos obtener hidrógeno, necesariamente habrá que producirlo a partir de unas materias primas (agua, hidrocarburos, biomasa) y en el proceso de transformación de estas materias para producir hidrógeno, habrá que consumir alguna energía primaria (fósil, renovable, nuclear).

Uno de los métodos más prometedores para producir hidrógeno de una forma limpia desde el punto de vista medioambiental es mediante el ciclo Solar del hidrógeno. En este sentido varios estudios han demostrado que la electrólisis se puede utilizar para obtener hidrógeno a partir del agua utilizando como fuente de energía eléctrica la energía solar. La producción de hidrógeno utilizando energía solar directa se puede conseguir de dos formas: generación de energía eléctrica a partir de la energía térmica del sol y termólisis; y energía eléctrica fotovoltaica y electrólisis. Este segundo método presenta la ventaja de que la energía eléctrica generada se puede aplicar directamente a un electrolizador.

Por tanto combinando la electrólisis del agua con una pila de combustible es posible generar electricidad a partir del agua. En el electrolizador el agua se descompone para obtener hidrógeno, y este hidrógeno se utiliza como combustible en la pila de combustible. Si además, se dispone de una fuente de energía limpia -energía solar- para generar la electricidad necesaria para llevar a cabo la electrólisis del agua, el conjunto de los tres sistemas permitiría una fuente limpia e inagotable de energía.

Los principales componentes de un reactor electroquímico para llevar a cabo la electrólisis del agua son los separadores y los electrodos. Los separadores que se pueden utilizar son de tres tipos: diafragmas, membranas poliméricas y membranas cerámicas.

La diferencia entre los distintos electrolizadores para llevar a cabo la electrólisis del agua para obtener hidrógeno dependerá de la naturaleza de los electrodos, de la naturaleza del separador y del tipo de electrolito utilizado. Así, estos electrolizadores se pueden dividir en varios tipos en función del tipo de separador utilizado y del mayor o menor grado de desarrollo alcanzado:

- Electrolizadores alcalinos.
- Electrolizadores tipo PEM.
- Electrolizadores de óxido sólido.

Los electrolizadores alcalinos se refieren a los que utilizan hidróxido sódico o potásico como electrolito, ya que estas disoluciones plantean menores problemas de corrosión que las disoluciones ácidas. El electrolito está formado por una disolución de la base a concentraciones próximas al 40%, que presentan la máxima conductividad a la temperatura de trabajo que normalmente es del orden de 80°C.

Las celdas se construyen en acero al carbono, estando refrigeradas por agua que disipa el calor generado. Los electrodos están situados en dos compartimentos separados por un diafragma fabricado en material cerámico. El material del ánodo es níquel, mientras que el cátodo suele ser de acero inoxidable. En las celdas bipolares se conectan dos de ellas en serie a través de un separador de níquel, el cual hace en una celda de ánodo y en la contigua de cátodo, con lo que se consigue una importante reducción en el volumen del aparato. Este proceso se puede llevar a cabo a presión atmosférica o a presión elevada, del orden de 30 bares con el fin de eliminar la etapa de compresión de los gases formados para su almacenamiento.

Los electrolizadores tipo PEM pueden operar a temperaturas y presiones bajas. El funcionamiento de este tipo de electrolizadores es inverso al de las pilas de combustible tipo PEM. Las ventajas de los electrolizadores tipo PEM sobre los alcalinos se centran fundamentalmente en utilizar mayores densidades de corriente (referida a la superficie de los electrodos) que, junto al reducido espesor de la membrana (0,25 mm) permite una sustancial disminución en el volumen del equipo.

Con respecto a los electrolizadores de óxido sólido, operan a temperaturas muy elevadas, del orden de 1000°C, por lo que la electrólisis se lleva a cabo sobre vapor de agua.

Los electrolizadores de baja temperatura, los alcalinos y los tipo PEM son los más adecuados para la presente invención, utilizándose en un diseño preferente los electrolizadores alcalinos.

ES 2 325 848 A1

Respecto a las pilas de combustible (fuel cells, FC) son dispositivos electro-químicos que permiten transformar la energía química contenida en los reactivos en energía eléctrica, agua y cierta cantidad de calor. Estos generadores eléctricos presentan las siguientes ventajas:

- 5 - Constituyen fuentes de energía seguras y carentes de ruidos. Las FC carecen de partes móviles y por tanto su funcionamiento es silencioso. Estos sistemas no utilizan sustancias corrosivas como las baterías de plomo ácido lo que disminuye los riesgos de manipulación.
- 10 - No contaminan el medio ambiente. El producto de la reacción de las FC que utilizan hidrógeno como combustible es el agua, por lo que éstas constituyen sistemas con cero emisiones de contaminantes.
- Elevada eficiencia ($\geq 50\%$). La eficiencia de las FC en la producción de energía eléctrica es superior a la de los motores de combustión interna de gasolina y diesel. En las pilas que funcionan a temperaturas altas ($> 600^\circ\text{C}$) la eficiencia total, generación de energía eléctrica más calor supera el 70%.
- 15 - Modularidad. En dependencia de la aplicación pueden ser diseñados dispositivos de diferentes tamaños.

Son conocidos distintos tipos de pilas de combustible, tales como las pilas de combustible de membrana polimérica de intercambio protónico (PEMFC), pilas de combustible alcalinas (AFC), pilas de combustible de ácido fosfórico (PAFC), pilas de combustible de carbonatos fundidos (MCFC), pilas de combustible poliméricas de metanol directo (DMFC) y pilas de combustible de óxidos sólidos (SOFC). Entre estos tipos de pilas de combustible, y según un estudio de sus características, las pilas de combustible de baja temperatura (PEMFC, AFC, PAFC) son las más indicadas para la presente invención, utilizándose en un diseño preferente las de tipo PEMFC.

25 Los dispositivos de pila de combustible precisan de una fuente de hidrógeno. El espectacular auge en eficiencia experimentado por las pilas de combustible en la última década ha impulsado de forma notable la investigación en acumulación de H_2 . Este es un problema que lejos de ser trivial ha sido calificado por parte del Grupo de Alto Nivel para el Hidrógeno y las Pilas de Combustible de la Unión Europea como el actual cuello de botella hacia una economía basada en el hidrógeno. La solución del problema de cómo acumular H_2 de forma eficiente es, por tanto, de gran importancia.

Seis métodos distintos de acumulación de H_2 se investigan en la actualidad:

- 35 - Gas comprimido.
- H_2 líquido.
- Adsorción en compuestos de alta superficie efectiva (carbón activado, zeolitas, etc).
- 40 - Hidruros metálicos convencionales (LaNi_5 , Mg)
- Hidruros complejos (AlNaH_4 , NaBH_4 , etc)
- 45 - Reacciones químicas de hidrólisis (por ejemplo, $\text{MgH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2$).

Por otra parte, los sistemas de energía solar fotovoltaica convierten la energía que procede del sol directamente en energía eléctrica. El modo más simple y extendido de aprovechamiento de la energía radiante del sol para generar electricidad se basa en el efecto fotovoltaico que tiene lugar cuando la luz incide sobre un dispositivo diseñado especialmente para favorecer dicha conversión y denominado célula solar. Así, una célula solar es el elemento que convierte los fotones que proceden del sol en una corriente eléctrica que circula por otro elemento que se denomina carga; siendo las células solares más eficientes en la actualidad los dispositivos de estado sólido fabricados con materiales semiconductores.

55 Además, se conocen diversos tipos de seguidores solares que mejoran el rendimiento de las células solares, que pueden aplicarse a la presente invención, aunque en la actualidad la gran mayoría de instalaciones fotovoltaicas tienen una orientación fija a lo largo de todo el año debido principalmente a que la ganancia energética que supondría el uso de sistemas automáticos de seguimiento solar (máxime en latitudes y condiciones solares óptimas - como podría ser gran parte del territorio de España -), no compensa el coste y complejidad que se da en los sistemas actuales de seguimiento.

60 Son conocidas invenciones relacionadas con la producción de hidrógeno a partir de energías renovables, tal como la energía fotovoltaica; pero la mayoría de dichas invenciones difieren de la presente invención en que se centran en lograr un aumento en el rendimiento de la energía generada en las placas solares para optimizar la producción de hidrógeno del electrolizador (véanse las Patentes US 20030006136 y ES 2137349). También conocemos invenciones relacionadas con sistemas portátiles fotovoltaicos (ES 1027970) así como sistemas integrados portátiles generadores de hidrógeno a partir de energía solar o a través de una turbina (US 20060066105).

No conocemos en el estado actual de la técnica ningún sistema de producción de energía basado en un módulo de células fotovoltaicas que alimente a un electrolizador para producir hidrógeno y almacenarlo con un stack de pilas de combustible para generación de energía a partir del hidrógeno almacenado, y enfocado a la mejora en el rendimiento energético de la correspondiente instalación, según lo hace el sistema de la presente invención.

5

Descripción la invención

Para lograr los objetivos y evitar los inconvenientes indicados en anteriores apartados, la invención consiste en un sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica, donde la energía fotovoltaica se obtiene con al menos un módulo de células fotovoltaicas a partir de la radiación solar.

10

Novedosamente, según la invención, el referido módulo alimenta a un electrolizador que genera hidrógeno a partir de electrólisis de agua y que cuenta con medios de almacenamiento de hidrógeno producido; incluyéndose al menos una pila de combustible que permite la generación de energía eléctrica a partir del hidrógeno almacenado; de manera que se facilita la mejora en el rendimiento de producción de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica y su disponibilidad, al emplearse el hidrógeno como vector energético de almacenamiento intermedio.

15

Según una realización preferente de la invención, el referido módulo de células fotovoltaicas cuenta con un dispositivo de seguimiento solar.

20

Según una realización preferente de la invención, el electrolizador es preferentemente de baja temperatura (alcalino o PEM).

25

Las referidas pilas de combustible son preferentemente de baja temperatura (PEMFC, AFC, PAFC).

Por otra parte, en la realización preferente de la invención, el sistema de almacenamiento de H₂ se dimensiona para una autonomía de tres días como mínimo.

30

Según la realización preferente de la invención, el sistema cuenta con una reserva adicional de hidrógeno almacenado en forma de gas a presión.

El sistema de la invención puede realizarse con componentes de fácil portabilidad, así como disponer de un sub-sistema de control para monitorización y control remoto mediante una conexión a Internet o mediante una red local; pudiendo incluirse envío de alarmas sobre el estado del sistema y/o fallos en el mismo a través de mensajes de texto GSM o similares.

35

Según una realización preferente de la invención, el sistema de la misma puede estructurarse en una planta de producción de energía cuyos bloques funcionales consistan en que el módulo de células fotovoltaicas conecte con un inversor DC/AC para producción de energía eléctrica de manera convencional o con el electrolizador, generando hidrógeno que se almacenará y consumirá en la pila de combustible, generando energía eléctrica; alimentando ese inversor a bombas de agua y compresores de aire de la planta, en tanto que electroválvulas y caudalímetros de la misma son alimentados por el propio módulo fotovoltaico a través de convertidores DC/DC. El electrolizador se alimenta mediante el módulo fotovoltaico directamente o mediante convertidores DC/DC o mediante un rectificador que conecta con la red eléctrica convencional o con el módulo fotovoltaico a través de un inversor DC/AC. La conexión con los módulos fotovoltaicos o con la red comercial se realiza a través de un interruptor fotoeléctrico.

45

Con la estructura que se ha descrito, el sistema de la invención presenta la principal ventaja de que permite obtener una mejora en el rendimiento energético de la correspondiente instalación fotovoltaica garantizando la disponibilidad continua de energía.

50

La invención facilita la integración y optimización de un sistema autónomo-portátil de generación de hidrógeno y electricidad a partir de una energía renovable como la solar fotovoltaica, optimizando la producción de hidrógeno por electrólisis, e integrando este sistema con una pila de combustible que permite la generación estacionaria de electricidad, controlando y optimizando el consumo. La invención proporciona un sistema novedoso que permite solucionar la actual problemática que posee la energía fotovoltaica en su vertido a la red eléctrica, la cual se desestabiliza considerablemente, solucionando además problemas de adecuación entre las horas de máxima producción y las horas de consumo, ya que generalmente esas horas de máxima producción coinciden con las horas de consumo valle.

55

A continuación, para facilitar una mejor comprensión de esta memoria descriptiva y formando parte integrante de la misma, se acompañan unas figuras en las que con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado el objeto de la invención.

60

Breve descripción de las figuras

Figura 1.- Representa un diagrama de bloques funcionales de un sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica realizado según la presente invención.

65

Figura 2.- Representa un esquema de componentes que se emplean en el sistema de la anterior figura 1.

ES 2 325 848 A1

Figura 3.- Representa un diagrama de flujo del sistema de las anteriores figuras en lo que se refiere a la generación del hidrógeno.

Figura 4.- Representa un diagrama de flujo del sistema de las figuras 1 y 2 en lo que se refiere a la generación de electricidad.

Descripción de un ejemplo de realización de la invención

Seguidamente se realiza una descripción de un ejemplo de la invención haciendo referencia a las anteriores figuras.

Así, el sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica del presente ejemplo cuenta con un módulo de células fotovoltaicas 1 que alimenta un electrolizador 3 capaz de generar hidrógeno a partir de electrólisis de agua y que cuenta con medios de almacenamiento del hidrógeno producido, por ejemplo en forma de hidruros metálicos, incluyéndose además una pila de combustible 2 que permite generar energía eléctrica a partir del hidrógeno almacenado.

El sistema del presente ejemplo se estructura en una planta de producción de energía cuyos bloques funcionales pueden apreciarse en la figura 1 y que se interconectan según se ve en dicha figura y según se describe a continuación. Así, el módulo de células fotovoltaicas 1 conecta con un inversor DC/AC 4 para producción de energía eléctrica de manera convencional y también para alimentar el electrolizador para la producción de H₂ que será empleado por la pila de combustible para generar electricidad.

El referido inversor 4 alimenta a bombas de agua 6 y compresores de aire 7 de la planta, en tanto que electroválvulas 8 y caudalímetros 9 de la misma son alimentados por el propio módulo fotovoltaico 1 a través de convertidores DC/DC 5.

Por otra parte, el electrolizador 3 se alimenta a través de otros convertidores DC/DC 5, mediante el módulo fotovoltaico 1 y mediante un rectificador 11 que conecta con la red eléctrica convencional 12 y con el referido módulo 1 a través de un interruptor fotoeléctrico 10.

En la figura 2 se muestran todos los componentes de la planta de producción de energía de este ejemplo, haciéndose referencia a ellos en una descripción más detallada que se expone a continuación.

La planta es autónoma desde el punto de vista de su funcionamiento, ya que durante el día los paneles solares proporcionan la energía suficiente para el abastecimiento de las necesidades para las que se haya diseñado la planta, para la obtención de hidrógeno mediante un electrolizador y para el funcionamiento de todos los componentes de la planta. En los momentos en los que no hay radiación solar, la energía es suministrada por la pila de combustible que funciona con el hidrógeno generado a partir de la electrólisis del agua y que es almacenado, por ejemplo, en forma de hidruros metálicos, teniendo el sistema (pila de combustible-hidruros metálicos) una autonomía de tres días. Para garantizar el abastecimiento de energía en épocas de ausencia de radiación solar o cuando se produzca algún fallo en el sistema de paneles solares fotovoltaicos, se dispone de una reserva de hidrógeno almacenado en forma de gas a presión, cuya autonomía puede ser variable y dependerá de las características concretas del lugar en el que se va a implementar la planta.

La planta objeto de la patente es completamente portable, lo que hace que sea especialmente aplicable para suministrar energía eléctrica en lugares remotos y sin acceso a las redes de distribución comercial, aunque puede utilizarse en combinación con ellas.

La planta dispone de un sistema de control que permite su monitorización y control remoto mediante una conexión a Internet o una red local basada en tecnología wimax o similar, dependiendo de la disponibilidad o no, de conexión a Internet. El envío de alarmas sobre el estado de la planta o fallos en la misma, se haría mediante el uso de mensajes de texto vía GSM o similares.

La fuente de energía principal es la energía solar fotovoltaica que se utiliza durante el día para generar la electricidad necesaria para la aplicación de que se trata y para alimentar un electrolizador que se utiliza para producir hidrógeno a partir de la electrólisis del agua. El hidrógeno producido durante el día se almacena y se consume en una pila de combustible en los momentos en los que no hay luz solar, o se producen picos excesivos, en la demanda de energía.

El sistema incluye los siguientes componentes:

- Un conjunto de paneles solares fotovoltaicos (MF) que transforman la energía solar en energía eléctrica en forma de corriente continua (DC). Los paneles solares se pueden dimensionar para operar de dos formas. Una posibilidad es utilizar una parte del conjunto de paneles fotovoltaicos para generar la energía eléctrica necesaria para el consumo de la aplicación mediante la conversión de AC utilizando un inversor, y otra parte del conjunto se utilizaría para alimentar directamente el electrolizador, en corriente continua (DC) sin pasar por el inversor. Otra posibilidad, sino existe demanda de energía, es utilizar todo el conjunto de paneles fotovoltaicos para generar energía eléctrica que alimente al electrolizador para la producción de

ES 2 325 848 A1

hidrógeno que se almacena y posteriormente se consume en una pila de combustible, generando energía eléctrica en forma de corriente continua (DC) que pase a través de un inversor para convertirse en corriente alterna (AC) que suministra la energía demandada por la aplicación particular.

- 5 - El campo fotovoltaico (MF) está formado por un conjunto de paneles fotovoltaicos conectados en combinaciones serie/paralelo. El campo fotovoltaico produce energía eléctrica en forma de corriente continua, a partir de la radiación solar que incide sobre el mismo.

10 Cada panel fotovoltaico genera una tensión y corriente, en el punto de máxima potencia que depende del modelo de panel utilizado. Esta invención admite el uso de cualquier tipo de panel fotovoltaico de Silicio cristalino, Silicio amorfo, orgánico u otro, siempre que permita su interconexión con otros en serie o en paralelo, de modo que se puedan ajustar la tensión y corriente finales.

15 La conexión de paneles fotovoltaicos en serie o en paralelo permite incrementar la tensión o la corriente total del campo fotovoltaico. De este modo, al conectar distintos paneles fotovoltaicos en serie se genera un voltaje que es la suma de los voltajes individuales de cada panel, mientras que la corriente resultante corresponde a la de un solo panel del campo fotovoltaico. Cuando se conectan paneles fotovoltaicos en paralelo la corriente resultante del campo, es la suma de las corrientes individuales producidas por cada panel, mientras que la tensión final es la correspondiente a un único panel. Mediante la combinación de conexiones serie/paralelo, se puede conseguir el voltaje o la corriente que
20 precise la aplicación concreta.

El campo fotovoltaico de la planta objeto de la presente invención, se dimensiona y calcula en función del modo de operar, de las necesidades energéticas de la aplicación, y de las especificaciones que impone el electrolizador generador de hidrógeno en cuanto a tensión y corriente de trabajo.

25 Para satisfacer las necesidades del electrolizador, se optimiza la conexión serie/paralelo del campo fotovoltaico aunque en caso de ser necesario, se puede utilizar un convertidor DC/DC también entre el campo fotovoltaico y el electrolizador.

- 30 - Un inversor que permite la transformación de la energía producida por el campo fotovoltaico o por la pila de combustible, en ambos casos en forma de corriente continua (DC) en corriente alterna (AC) para alimentar las necesidades de la aplicación concreta, así como los motores de los compresores, bombas y el sistema informático de monitorización y control. La potencia del inversor se dimensiona en función de las demandas energéticas de la aplicación concreta. Al inversor se le incorporará un PFC (Corrector del Factor de Potencia) para poder disminuir el consumo de potencia reactiva consumida por las bombas y motores. Con esta mejora en el consumo, aseguramos un aumento en el rendimiento de los componentes anteriores.

- 35 - El sistema de generación de hidrógeno está formado por un electrolizador (EL) y un compresor (CP).

40 En el electrolizador (EL) se utiliza la energía eléctrica para llevar a cabo la electrólisis del agua de tal forma que se obtiene hidrógeno en el cátodo y oxígeno en el ánodo. El electrolizador puede ser de tipo alcalino o de membrana de intercambio protónico (tipo PEM). Para esta aplicación se han descartado los electrolizadores de alta temperatura por motivos de seguridad y por la mayor facilidad de operación de los electrolizadores que operan a baja temperatura. La fuente de agua para llevar a cabo la electrólisis proviene de un tanque de almacenamiento (H_2O). Si se utiliza un electrolizador alcalino, el electrolito puede ser una disolución de hidróxido sódico NaOH) o hidróxido potásico (KOH) que se puede almacenar en el tanque de almacenamiento (H_2O) o dentro del propio electrolizador, en cuyo caso en el tanque de almacenamiento (H_2O) se almacenará agua pura o agua corriente. En el caso de utilizar un electrolizador tipo PEM se utilizará agua desionizada que se almacena en el tanque de almacenamiento (H_2O). El agua se hace llegar al electrolizador mediante una bomba (B-1).

50 El electrolizador (EL) puede funcionar con la energía eléctrica suministrada directamente de los paneles solares fotovoltaicos (MF) o mediante la energía eléctrica procedente de la red comercial. Si se alimenta a partir de los paneles solares es necesario que éstos tengan la configuración adecuada serie/paralelo para proporcionar el voltaje DC que necesita el electrolizador, o utilizar un convertidor DC/DC para adecuar el voltaje de salida de los paneles solares fotovoltaicos (MF) con el voltaje de trabajo del electrolizador (EL). En el caso de que el electrolizador (EL) se alimente con energía eléctrica de la red comercial será necesario utilizar un rectificador de corriente.

55 La salida de los paneles fotovoltaicos se conecta a la entrada de un interruptor fotoeléctrico. Este interruptor se conecta a otra entrada que está acoplada al rectificador de corriente que a su vez está conectado a la red de distribución comercial. Este interruptor permite que el electrolizador funcione a partir de la energía suministrada por los paneles fotovoltaicos (MF) o a partir de la red comercial, en caso de estar disponible, cuando no hay sol. La corriente continua que sale del interruptor fotoeléctrico se alimenta al electrolizador para llevar a cabo la electrólisis del agua. La posición del interruptor depende de la energía que llega de los paneles fotovoltaicos (MF). Si la energía eléctrica que llega de los paneles fotovoltaicos (MF) es suficiente para que funcione el electrolizador (EL), el interruptor está en la posición "Apagado" mientras que si la energía eléctrica que llega de los paneles fotovoltaicos (MF) no es suficiente para el correcto funcionamiento del electrolizador (MF) el interruptor fotoeléctrico pasa a la posición "Encendido",
65 funcionando el electrolizador con la energía proporcionada por la red, en caso de que haya conexión a dicha red.

ES 2 325 848 A1

Cuando el voltaje que se alimenta al electrolizador (EL) es el adecuado, se produce la electrólisis del agua y se obtiene hidrógeno en el cátodo y oxígeno en el ánodo. El oxígeno puede aprovecharse o no. En el primer caso se almacena a presión en recipientes adecuados, en el segundo caso se vierte al exterior, mientras que el hidrógeno pasa a un sistema de purificación (SP) y un compresor (CP-H) para su posterior almacenamiento en depósitos a presión.

En el sistema de purificación (SP) se elimina el agua del hidrógeno y éste pasa al compresor (CP-H).

- El compresor (CP-H) se pone en funcionamiento cuando la presión del hidrógeno a la salida del sistema de purificación (SP) alcanza el valor adecuado y comprime el gas hasta la presión a la que se cargan los depósitos a presión. Para controlar el funcionamiento del compresor se utiliza un sensor de presión (S-1) y un controlador de flujo másico (CF-1). El controlador de flujo másico (CF-1) permitirá evaluar el rendimiento del electrolizador (EL).

En el caso de que el electrolizador (EL) opere a una presión lo suficientemente elevada como para poder cargar directamente los tanques de los hidruros metálicos (HIDRUROS) no se utilizará el compresor (CP-H). En este caso el hidrógeno generado en el electrolizador pasa al sistema de purificación (SP) y de éste a los depósitos de almacenamiento.

Como sistema de almacenamiento de hidrógeno, para este ejemplo concreto, se ha optado por un conjunto de tanques de hidruros metálicos (HIDRUROS). Para este tipo de aplicación, se ha optado por un tipo de hidruro metálico que permita el almacenamiento de hidrógeno a baja presión de recarga hasta 10 Bares. Aunque puede emplearse cualquier tipo de hidruro metálico que necesite una presión de recarga mayor, el hecho de trabajar con hidruros que se pueden recargar a baja presión permite en algunos casos el almacenamiento directo del hidrógeno producido por el electrolizador (en función de la presión alcanzada por el electrolizador), sin necesidad de una etapa de compresión, a la vez que garantiza la seguridad en la operación de la planta.

El hidrógeno almacenado en los tanques de hidruros metálicos (HIDRUROS) puede ser consumido en una pila de combustible (PILA COMBUSTIBLE) cuando los paneles solares fotovoltaicos (MF) no generan la energía requerida.

- El hidrógeno entra a los tanques de almacenamiento de hidruros metálicos (HIDRUROS) procedente del compresor a través de la válvula (EV-1) y abandona los tanques de almacenamiento hacia la pila de combustible a través de la válvula (EV-4). La capacidad de almacenamiento de los tanques de hidruros metálicos (HIDRUROS) se mide mediante el sensor de presión (S-1). En horas de luz solar, si la presión de los tanques de hidruros metálicos es menor de un valor predeterminado se ponen en marcha el electrolizador (EL) y el compresor (CP-H) y se abre la válvula (EV-1) con lo que se cargan los tanques de hidruros metálicos (HIDRUROS). Cuando los tanques de hidruros metálicos (HIDRUROS) han alcanzado la máxima presión de carga, o cuando se pone en funcionamiento la pila de combustible (PILA COMBUSTIBLE) se cierra la válvula (EV-1) se paran el compresor (CP-H) y el electrolizador (EL) y se abre la válvula (EV-4) que permite la salida del hidrógeno desde los tanques de hidruros metálicos (HIDRUROS) hasta la pila de combustible (PILA COMBUSTIBLE).

La pila de combustible (PILA COMBUSTIBLE) produce energía eléctrica a partir de la energía química almacenada en un combustible como el H_2 . Para ello se llevan a cabo dos semirreacciones electroquímicas. En el ánodo se alimenta el H_2 combustible, donde se oxida produciendo electrones y H^+ . Los H^+ pasan al cátodo a través de un electrolito (típicamente membrana polimérica) donde se combinan con los iones O^{2-} resultantes de la reducción del oxígeno (típicamente el contenido en el aire) para formar H_2O . Los electrones que se generan en el ánodo se hacen circular hacia el cátodo a través de un circuito exterior, en el que se coloca una carga, para cerrar el sistema.

El tipo de pila de combustible empleado en esta invención, es una pila de combustible de baja temperatura, pudiendo ser del tipo PEMFC, AFC, PAFC y otro, siempre que utilice H_2 como combustible.

El hidrógeno que se aporta a la pila de combustible, proviene del que se encuentra almacenado en los hidruros metálicos (HIDRUROS) o en caso de fallo o períodos prolongados con ausencia de sol del que se encuentra almacenado en forma de gas comprimido en el sistema de reserva (HIDROGENO). El caudal de hidrógeno que se alimenta a la pila de combustible, es función de la potencia demandada y se controla con el controlador másico (F-1) de igual modo, la presión del H_2 que se alimenta a la pila se controla mediante una electroválvula proporcional (P-2) y un sensor de presión (S-2). El sistema se calcula y dimensiona para que se alimente el hidrógeno necesario en todo momento, en función de la potencia demandada por la pila de combustible. Si es necesario, se puede purgar el hidrógeno mediante la apertura de la electroválvula (EV-7).

El oxígeno necesario para completar la reacción electroquímica que se produce en la pila de combustible (PILA COMBUSTIBLE) se aporta a la misma en forma de aire. El aire se genera en un compresor (CP-A), pasa a través de un filtro (F) y se alimenta a la pila de combustible a través de un tubo y la electroválvula (EV-8). La cantidad de aire que se ha de alimentar a la pila de combustible (PILA COMBUSTIBLE) es variable y función de la potencia que se le demanda a la misma. El caudal de aire se controla con el controlador másico (F-2) y la presión a la que se alimenta el aire, se controla con el régimen de trabajo del compresor (CP-A).

ES 2 325 848 A1

La temperatura de trabajo óptima de la pila de combustible, en nuestro caso, al tratarse de pilas de combustible de baja temperatura, está en torno a los 60°C. Para conseguir dicha temperatura de funcionamiento, se utiliza un circuito de refrigeración compuesto por un depósito de agua (DS), una bomba impulsora (B-2), un intercambiador de calor (I-1), y dos sensores de temperatura (a la entrada y a la salida de la pila). El agua es impulsada desde el depósito (DS) a través del circuito de refrigeración, por la bomba (B-2), pasando después al intercambiador de calor (I-1) en el que se adecua su temperatura a la óptima de entrada a la pila de combustible (PILA COMBUSTIBLE). Posteriormente entra a la pila de combustible en la que disipa la potencia térmica necesaria en función de la potencia eléctrica demandada y retorna al depósito (DS).

La planta dispone de un sistema de seguridad para detener el funcionamiento de la misma en el caso de que existan fugas de hidrógeno. Tras detener el sistema, todas las conducciones por las que circula hidrógeno, así como la pila de combustible (PILA COMBUSTIBLE) se llenan de nitrógeno.

En caso de que se produzcan fugas de hidrógeno, el sistema de control cierra las electroválvulas (EV-1) o (EV-4) correspondientes al hidrógeno almacenado en los hidruros metálicos o en el sistema de almacenamiento de seguridad, en función de donde se esté alimentando de H₂ a la pila de combustible, y abre la electroválvula (EV-2) correspondiente a la línea de nitrógeno (NITROGENO).

De igual modo, el electrolizador (EL) se para en caso de que esté produciendo hidrógeno y el compresor de hidrógeno (CP-H) dejaría de funcionar, en caso de que estuviera funcionando.

La planta posee un sistema de detección de H₂ para la identificación de fugas.

Una vez descritos los componentes de la planta, su operación se puede explicar siguiendo los esquemas de flujo de las Figuras 3 y 4.

En la Figura 4 se representa el modo de operación de la planta desde el punto de vista de las necesidades energéticas, mientras que en el esquema de la Figura 3 se representa su modo de funcionamiento desde el punto de vista de la obtención de hidrógeno.

Desde el punto de vista de la demanda de energía del sistema, la planta funciona de la siguiente forma:

En el caso de que se tenga acceso a una red comercial la planta objeto de la patente funcionaría como apoyo y/o sustitución de la red comercial cuando se produce un fallo en ésta, mientras que cuando la red comercial funciona correctamente la energía suministrada por los paneles fotovoltaicos durante las horas de luz solar o por la pila de combustible, se puede introducir en la red comercial una vez convertida en corriente alterna mediante el inversor DC/AC. Mediante este modo de trabajo, si existe una red comercial disponible, se utilizará la energía eléctrica procedente de la red comercial para el consumo de las necesidades de la aplicación de que se trate y para generar hidrógeno mediante el electrolizador en el caso de que los tanques de hidruros no estén llenos. Para generar hidrógeno en este caso será necesario transformar la corriente eléctrica AC suministrada por la red comercial en DC y adaptarla a las características del electrolizador mediante el rectificador de corriente.

En el caso de que no se tenga acceso a una red comercial o en el caso de que se quiera generar energía de forma independiente de una red comercial, las necesidades energéticas de la aplicación se cubrirán desde los paneles fotovoltaicos o desde la pila de combustible, y solo cuando se produzca un fallo en los paneles fotovoltaicos y en la pila de combustible de haría uso de la red comercial si está disponible. Para operar de esta forma es necesario comprobar si la energía generada por los paneles fotovoltaicos es suficiente para satisfacer la demanda de la aplicación, o si no lo es. En horas de luz solar en las que la energía generada por los paneles fotovoltaicos (MF) sea suficiente para cubrir las necesidades de la aplicación, la energía DC se utilizará para el consumo siguiendo la etapa previa de conversión en AC mediante el inversor DC/AC y para generar hidrógeno en el electrolizador (EL) en el caso de que los tanques de hidruros (HIDRUROS) no estén llenos siguiendo el diagrama que se muestra en la Figura 3.

Finalmente cuando no se disponga de una red comercial y no haya luz solar suficiente para generar energía mediante los paneles fotovoltaicos (MF) las necesidades energéticas serían cubiertas mediante la pila de combustible. La pila de combustible genera electricidad DC a partir de la reacción entre un combustible, que en el caso de la presente aplicación es hidrógeno y un oxidante que en este caso es el oxígeno del aire. Para que la pila funcione correctamente y genere la energía deseada debe de alimentarse con los caudales de hidrógeno y de aire necesarios a la presión adecuada. Por tanto para que la pila de combustible se ponga en funcionamiento, en primer lugar se comprueba si la presión de hidrógeno en el sistema de almacenamiento bien sean tanques de hidruros, o balas a presión, es la correcta. Si la presión de hidrógeno no es la adecuada se comprueba el sistema de producción y almacenamiento de hidrógeno, mientras que si la presión de hidrógeno es la correcta se comprueba el caudal y la presión del aire que viene del compresor de aire (CP-A); alimentándose el compresor con un sistema intermedio de arranque (supercondensadores, etc). El caudal de aire se determina a partir de la potencia demandada a la pila de combustible (PILA COMBUSTIBLE) desde la aplicación y se regula mediante el controlador de flujo másico (F-2) mientras que la presión del aire se regula a partir de la velocidad del compresor (CP-A) mediante un controlador PID diseñado para esta aplicación. La corriente eléctrica DC generada por la pila de combustible se envía al inversor DC/AC donde es convertida en corriente eléctrica AC que se utiliza en la aplicación de que se trate.

ES 2 325 848 A1

Debido a la reacción que se produce dentro de la pila de combustible y al efecto Joule, la pila de combustible tiende a calentarse cuando está funcionando. Para evitar un excesivo calentamiento y para conseguir el máximo rendimiento de la pila de combustible es necesario controlar la temperatura de operación de la misma, mediante un sistema de refrigeración.

5

La refrigeración de la pila de combustible (PILA COMBUSTIBLE) se lleva a cabo mediante un circuito que utilice agua y que consta de un tanque de almacenamiento de agua (DS), una bomba de recirculación (B-2) y un intercambiador de calor (I-1).

10 El control de la temperatura de la pila de combustible se realiza mediante la regulación del caudal de agua a través de la bomba (B-2) en función de la temperatura de operación de la pila de combustible (PILA COMBUSTIBLE).

La producción de hidrógeno se puede seguir mediante el esquema que se presenta en la Figura 3.

15 El hidrógeno se obtiene a partir de la electrólisis del agua en el electrolizador (EL). Las necesidades de producción de hidrógeno se determinan a partir de la presión de los tanques de hidruros (HIDRUROS) que se mide mediante el sensor de presión de la disponibilidad de energía para alimentar el electrolizador (EL) y del funcionamiento de la pila de combustible (PILA COMBUSTIBLE). Cuando la presión de almacenamiento de los tanques de hidruros (HIDRUROS) es menor de la máxima establecida y la pila de combustible no está funcionando sería necesario producir hidrógeno en el electrolizador (EL). Si la pila de combustible está funcionando para aportar energía a la aplicación considerada, entonces se está consumiendo hidrógeno desde los tanques de hidruros (HIDRUROS) y no se producirá hidrógeno en el electrolizador (EL). No se contempla la posibilidad de producir hidrógeno a la vez que se consume, ya que la aplicación principal de la planta es producir hidrógeno a partir de la energía solar fotovoltaica en horas de luz solar y consumirla en la pila de combustible cuando no hay energía solar disponible.

25

Para controlar la carga de los tanques de almacenamiento de hidruros (HIDRUROS) con el hidrógeno generado en electrolizador (EL) y su descarga para aportar hidrógeno a la pila de combustible, además del sensor de presión se dispone de dos válvulas (EV-1) y (EV-4). Cuando se están cargando los tanques de hidruros (HIDRUROS) con el hidrógeno generado en el electrolizador (EL) la válvula (EV-1) permanecería abierta y la válvula (EV-4) permanecería cerrada, mientras que cuando los tanques de hidruros (HIDRUROS) se están descargando para aportar hidrógeno a la pila de combustible (PILA COMBUSTIBLE) la válvula (EV-1) permanecería cerrada y se abriría la válvula (EV-4).

30

Una vez realizadas las comprobaciones relativas a las necesidades de producción de hidrógeno, si los tanques de hidruros (HIDRUROS) no están llenos y la pila de combustible no está funcionando se comprueba el tipo de energía disponible. Si hay energía solar disponible se utilizará ésta para producir hidrógeno, mientras que cuando no hay luz solar el hidrógeno se obtendrá utilizando la energía proveniente de una red comercial si hay disponibilidad de la misma. En el caso de que haya energía solar disponible, el electrolizador (EL) se pondrá en funcionamiento cuando el voltaje DC generado por los paneles fotovoltaicos (MF) sea el adecuado, mientras que si se utiliza la energía procedente de una red comercial la corriente eléctrica AC se transformará en DC y se adaptará el voltaje del electrolizador (EL) mediante el rectificador.

35

40

En función de las características de los paneles fotovoltaicos (MF) y del electrolizador (EL) puede que sea necesario utilizar un convertidor DC/DC para transformar el voltaje DC generado a través de los paneles fotovoltaicos (MF) en el voltaje DC necesario para el funcionamiento del electrolizador (EL).

45

El electrolizador (EL) funciona produciendo hidrógeno a partir de la electrólisis del agua siempre que no se alcance la presión máxima de almacenamiento de los tanques de hidruros (HIDRUROS). La presión de almacenamiento del hidrógeno en los tanques de hidruros (HIDRUROS) se registra de forma continua mediante el sensor de presión (S-1). Si la presión a la que se produce el hidrógeno dentro del electrolizador (EL) es suficiente para recargar los tanques de hidruros (HIDRUROS) no sería necesario el uso de un sistema de compresión de hidrógeno y la recarga de los tanques de hidruros se realizaría directamente. Si la presión de trabajo del electrolizador (EL) no es suficiente para recargar los tanques de hidruros (HIDRUROS) se necesitaría un compresor para comprimir el hidrógeno que sale del electrolizador (HIDRUROS) hasta la presión de recarga de los tanques de hidruros (HIDRUROS). En este último caso el compresor de hidrógeno (CP-H) se pondría en funcionamiento cuando la presión del electrolizador (EL) es la necesaria para su correcto funcionamiento. Para regular esta forma de operación, la presión a la que el electrolizador (EL) suministre el hidrógeno se registra de forma continua mediante el sensor de presión integrado en el propio electrolizador. Cuando la presión del electrolizador (EL) sea la adecuada se abriría la válvula (EV-1) y se pondría en funcionamiento el compresor (CP-H). Finalmente cuando los tanques de hidruros (HIDRUROS) estén llenos, lo que se detecta mediante el sensor de presión (S-1), se detendrían el compresor (CP-H) y el electrolizador (EL) y se cerraría la válvula (EV-1).

50

55

60

Para que la planta funcione de acuerdo con las especificaciones que se han comentado previamente se ha desarrollado un sistema de monitorización y control de la planta que permite el seguimiento de los valores de todas las variables que definen el comportamiento de la planta y el control de la misma. La monitorización y control de la planta se puede llevar a cabo *in situ* o vía remota mediante un programa informático que ha sido desarrollado específicamente para la aplicación objeto de la patente.

65

ES 2 325 848 A1

El programa consta de 3 etapas principales: una etapa de inicialización; una etapa de monitorización y control que se ejecuta de forma continua mientras que la planta está funcionando, y una etapa de finalización. En la etapa de inicialización se indican las condiciones de trabajo desde el punto de vista de la obtención de hidrógeno y desde el punto de vista de la generación de energía para la aplicación de que se trate. Además, en esta etapa se abren y comprueban todos los puertos a los que están conectados los distintos instrumentos, se inicializan variables y se inicializa el sistema de transmisión de datos para la monitorización de la planta vía remota. En la etapa de finalización se cierran todos los puertos de control de los diferentes instrumentos y de transmisión de datos vía remota. Finalmente en la etapa de monitorización y control se ejecutan todas las secuencias necesarias para el correcto funcionamiento de la planta de la forma que se ha descrito anteriormente. Desde esta etapa del programa se controla toda la instrumentación necesaria para la monitorización y el control de la planta, que consta fundamentalmente de los siguientes componentes:

- Un sistema de adquisición de datos y control con varios módulos analógicos de entrada y salida a cuyos canales se conectan los dispositivos de medida y los actuadores respectivamente.
- Un conjunto de sensores de temperatura, presión, controladores de flujo másico, sensores de radiación solar y de hidrógeno que permitan monitorizar el comportamiento de la planta.
- Un conjunto de actuadores como son válvulas y bombas, que permiten controlar el funcionamiento de la planta desde el punto de vista de la obtención de hidrógeno y de las necesidades energéticas de la aplicación.

REIVINDICACIONES

5 1. Sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica, donde la energía
fotovoltaica se obtiene con al menos un módulo de células fotovoltaicas (1) a partir de la radiación solar; **caracterizado**
porque dicho módulo (1) alimenta a un electrolizador (3) que genera hidrógeno a partir de electrólisis de agua y que
cuenta con medios de almacenamiento del hidrógeno producido en sistemas de almacenamiento; incluyéndose al
menos una pila de combustible (2) que permite la generación de energía eléctrica a partir del hidrógeno almacenado;
de manera que se facilita la mejora en el rendimiento de producción de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica
10 y su disponibilidad, al emplearse el hidrógeno como vector energético de almacenamiento intermedio.

15 2. Sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica, según la reivindi-
cación 1, **caracterizado** porque dicho módulo de células fotovoltaicas (1) cuenta con un dispositivo de seguimiento
solar.

3. Sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica, según la reivindi-
cación 1, **caracterizado** porque las pilas de combustible (2) son de baja temperatura (PEMFC, PAFC, AFC).

20 4. Sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica, según la reivindi-
cación 1, **caracterizado** porque el sistema de almacenamiento de H₂ se dimensiona para una autonomía de al menos tres
días.

25 5. Sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica, según la reivindi-
cación 1, **caracterizado** porque el sistema cuenta con una reserva adicional de hidrógeno almacenado en forma de gas a
presión.

6. Sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica, según la reivindi-
cación 1, **caracterizado** porque se realiza con componentes de fácil portabilidad.

30 7. Sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica, según la reivindi-
cación 1, **caracterizado** porque cuenta con un subsistema de control para monitorización y control remoto mediante una
conexión a Internet o mediante una red local.

35 8. Sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica, según la reivindi-
cación 7, **caracterizado** porque dicho subsistema incluye envío de alarmas sobre el estado del sistema y/o fallos en el
mismo, mediante mensajes de texto GSM o similares.

40 9. Sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica, según la reivindi-
cación 1, **caracterizado** porque se estructura en una planta de producción de energía cuyos bloques funcionales consisten
en que el módulo de células fotovoltaicas (1) conecta con un inversor DC/AC (4) para producción de energía eléctrica
de manera convencional o con el electrolizador (3), generando hidrógeno que se almacenará y consumirá en la pila de
combustible (2), generando energía eléctrica; alimentando este inversor (4) a bombas de agua (6) y compresores de
aire (7) de la planta, en tanto que electroválvulas (8) y caudalímetros (9) de la misma son alimentados por el propio
módulo fotovoltaico (1) a través de convertidores DC/DC (5); alimentándose el correspondiente electrolizador (3),
45 a través de otros convertidores DC/DC (5), mediante el módulo fotovoltaico (1) o mediante un rectificador (11) que
conecta con la red eléctrica convencional (12) y con el referido módulo (1) a través de un interruptor fotoeléctrico
(10).

50 10. Sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica, según la reivin-
dicación 1, **caracterizado** porque el hidrógeno se produce por electrólisis del agua, en un electrolizador de baja
temperatura, del tipo alcalino o tipo PEM.

55

60

65

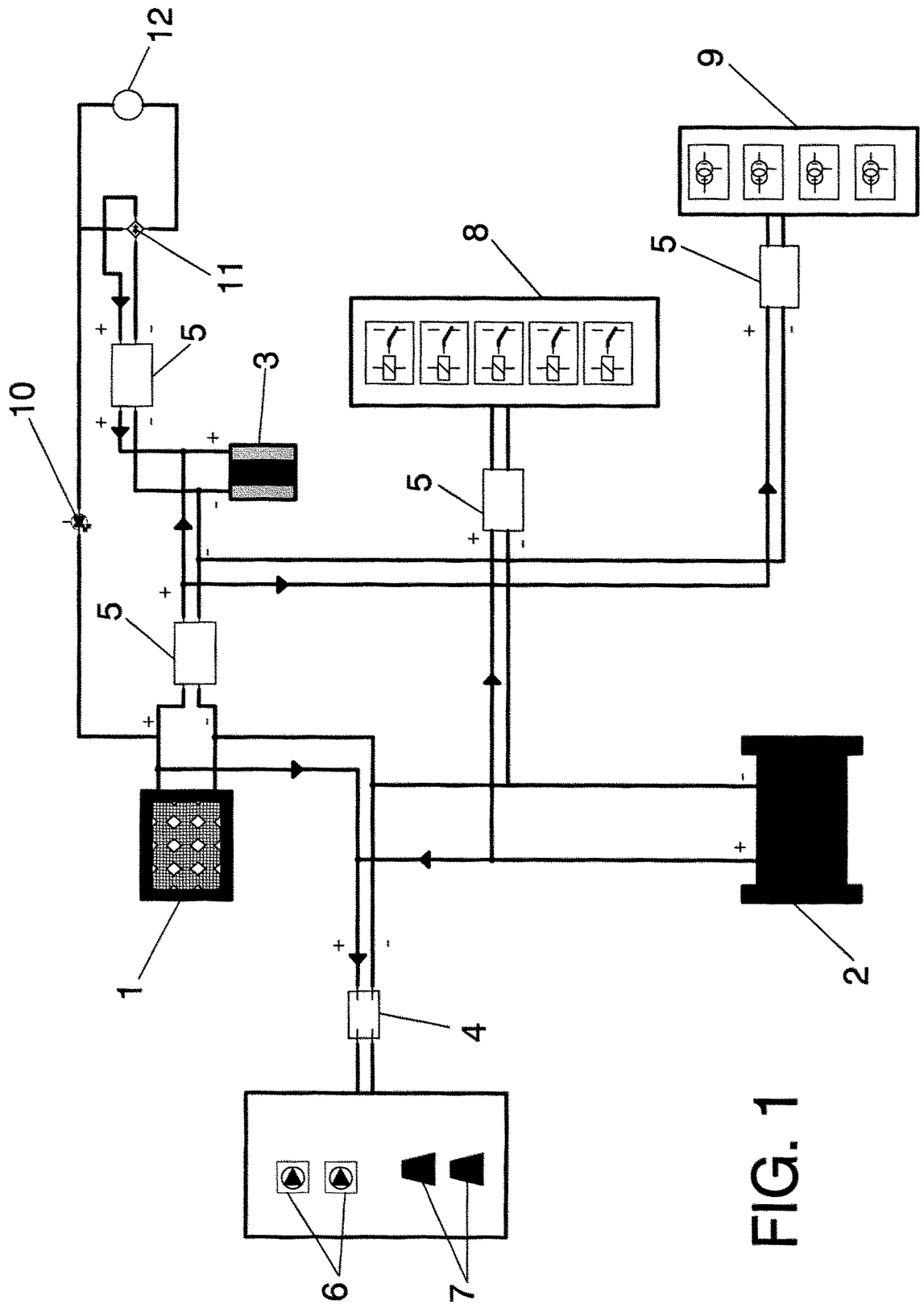


FIG. 1

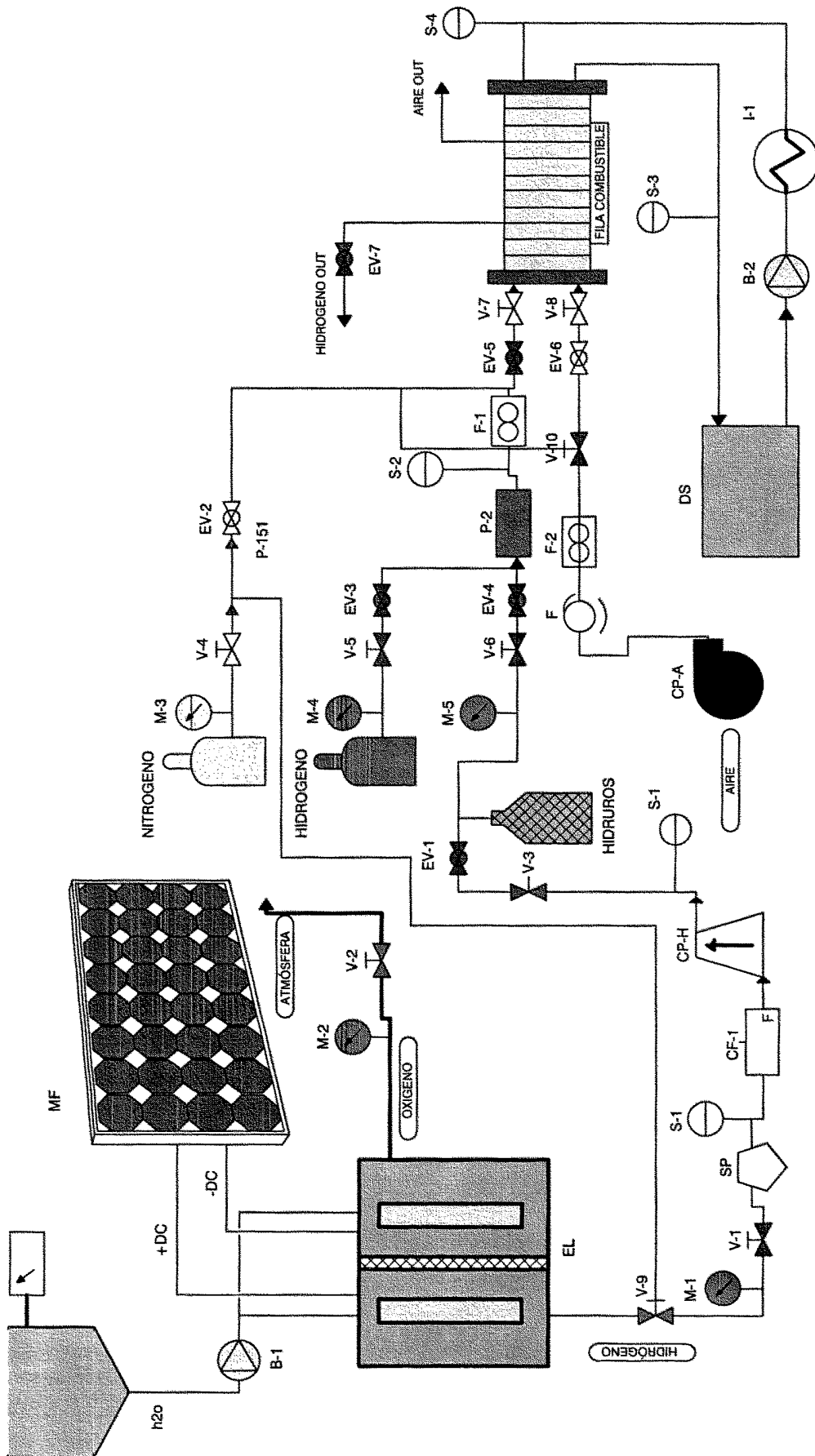


FIG. 2

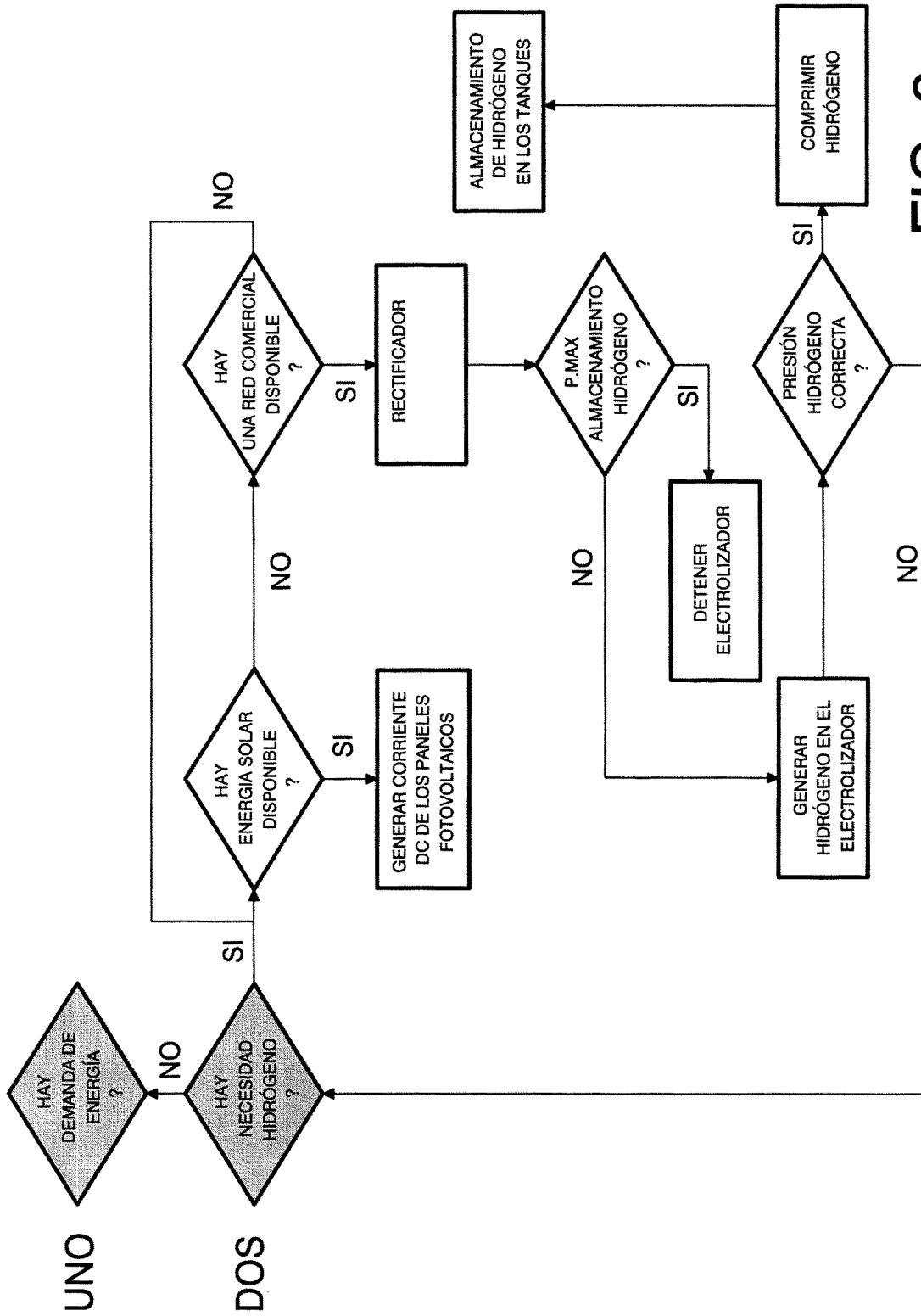


FIG. 3

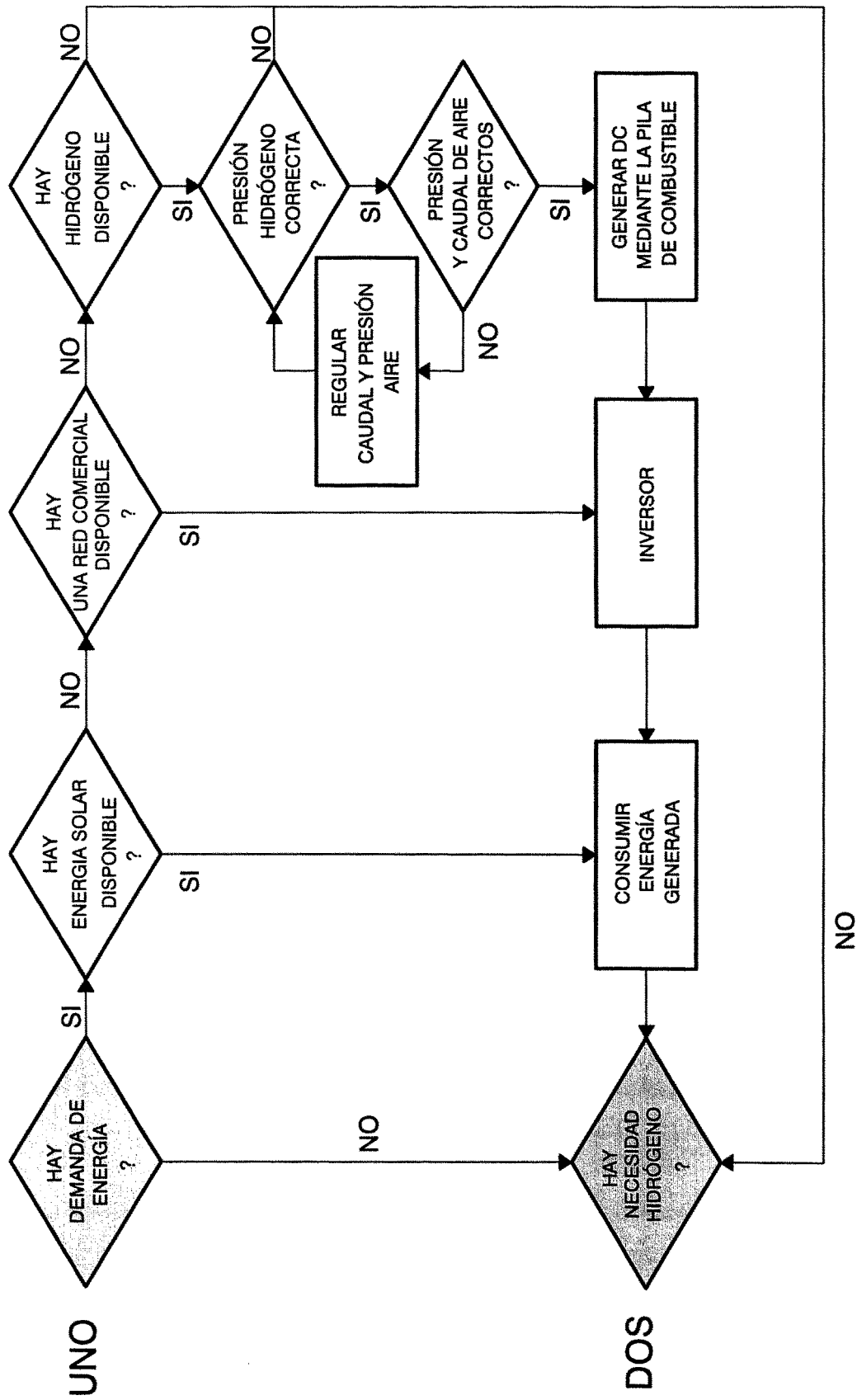


FIG. 4



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 325 848

② N° de solicitud: 200702993

③ Fecha de presentación de la solicitud: 13.11.2007

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: Ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	SHERIF et al. Wind energy and the hydrogen economy-review of the technology. Solar Energy, 78, pages 647-660. 12.03.2005. Elsevier Ltd. VOL - 78, NR- 5, PG- 647 - 660	1-10
X	SZYSZKA, A. Ten years of solar hydrogen demonstration project at Neunburg vorm Wald, Germany. International Journal of Hydrogen Energy. Elsevier Science Ltd. Vol - 23, nº 10, pg.849 - 860, October, 1998.	1-10
X	SHAPIRO, D. et al. Solar-powered regenerative PEM electrolyzer/futhe cell system. Solar Energy, Elsevier. AN - XP005124299, IRN - ISSN 0038-092X, doi:10.1016/j.solener.2004.10.013, VOL - 79, NR - 5, PG - 544 - 550, November, 2005.	1-10
X	HOLLENBERG, J.W. et al. Development of a photovoltaic energy conversion system with hydrogen energy storage. International Journal of Hydrogen Energy. Elsevier Science, Ltd. VOL - 20, NR - 3, PG - 239 - 243. March, 1995.	1-10

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

07.09.2009

Examinador

P. Valbuena Vázquez

Página

1/5

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

H01L 31/042 (2006.01)

H01M 8/06 (2006.01)

H01M 16/00 (2006.01)

H02J 3/32 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H01L

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, IEEE

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 07.09.2009

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 2, 4, 7-9	SÍ
	Reivindicaciones 1, 3, 5, 6, 10	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	SÍ
	Reivindicaciones 1-10	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de **aplicación industrial**. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión:

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como ha sido publicada.

1. Documentos considerados:

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	SHERIF et al. Wind energy and the hydrogen economy-review of the technology. Solar Energy, 78, páginas 647-660.. Elsevier Ltd.	12-03-2005

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

De todos los documentos recuperados del estado de la técnica se considera que el D1 es el más próximo a la solicitud que se analiza.

Primera reivindicación

El documento D1 muestra un sistema de producción de hidrógeno y de energía eléctrica a partir de un aerogenerador. Este aerogenerador alimenta a un electrolizador (ver por ejemplo la figura 11, página 658) que genera hidrógeno a partir de electrólisis de agua y que cuenta con medios de almacenamiento (hydrogen storage, fig. 11) del hidrógeno producido. El sistema cuenta también con una pila de combustible (fuel cell, fig. 11), que permite la generación de energía eléctrica a partir del hidrógeno almacenado.

Por lo tanto, la primera reivindicación difiere del sistema de la figura 11 en que allí se emplea energía fotovoltaica como fuente de energía y no eólica. En concreto, la energía eléctrica para alimentar al electrolizador proviene de al menos un módulo de células fotovoltaicas.

El sistema que divulga el documento D1 en la configuración de la figura 11, y en general a lo largo de todo el documento, se basa en una turbina de viento como fuente de energía. Sin embargo, D1, en la página 648, columna 22, último párrafo, comenta que los módulos fotovoltaicos son especialmente aptos para realizar la electrólisis del agua. En realidad, el sistema de D1 sería aplicable a otras muchas fuentes de energía renovable, pero el estudio se basa en la energía eólica por motivos económicos.

Por lo tanto, esta primera reivindicación carecería de novedad tal y como se establece en el Artículo 6 de la Ley Española de Patentes y Marcas.

Segunda reivindicación El sistema del documento D1 no contempla seguidores solares para los módulos fotovoltaicos. Sin embargo, los seguidores son muy conocidos y se emplean habitualmente en las instalaciones fotovoltaicas. Por lo tanto, instalar seguidores es algo que entra dentro del conocimiento propio del experto en la materia en la fecha en la que se realizó la invención. Por este motivo, la segunda reivindicación carecería de actividad inventiva tal y como se establece en el Artículo 8 de la Ley Española de Patentes y Marcas.

Tercera reivindicación

El documento D1, en el apartado 1.1.4.4. recopila los diversos métodos que existen para generar electricidad con pilas de combustible: PEMFC, PAFC, AFC, etc. Por lo tanto, esta reivindicación, al depender de la primera, carecería de novedad.

Cuarta reivindicación El documento D1 no especifica una autonomía determinada para el sistema de almacenamiento. Sin embargo, elegir una autonomía de tres días no parece deducirse de un efecto técnico inesperado. Más bien parece el resultado de las condiciones de contorno, o de los fines que se quieren obtener para una instalación y unas necesidades concretas. Por lo tanto, la elección de este parámetro entraría dentro del conocimiento propio del experto en la materia y no entrañaría actividad inventiva.

Quinta reivindicación

El documento D1 en su apartado 1.1.2. recopila diversos sistemas para almacenar el hidrógeno: por hidruros metálicos, por licuefacción, presurizado, etc. Por lo tanto, esta reivindicación, dependiente de la primera, carecería de novedad.

Sexta reivindicación Esta reivindicación, dependiente de la primera se reivindica 1 se caracteriza porque se realiza con componentes de fácil portabilidad. Esta característica no es clara ni limita con precisión ningún territorio del estado de la técnica. Por lo tanto, también esta reivindicación carecería de novedad.

Hoja adicional

Reivindicaciones séptima y octava

Estas reivindicaciones se centran en el sistema de control de la instalación. D1 no incide en esos aspectos. Sin embargo las características recogidas en estas dos reivindicaciones son generales y bien conocidas para un experto en la materia que tuviera que controlar de manera remota una instalación como la de D1. Es muy habitual telecontrolar las instalaciones solares fotovoltaicas, eólicas, etc. Como muestra, y para apoyar esta afirmación, puede valer por ejemplo el documento US20070252716 A1 (BURGER, R.) 01.11.2007.

Por lo tanto, esta reivindicación carecería de actividad inventiva.

Reivindicación novena El documento D1 en los apartados 2.2.1 a 2.2.5 muestra distintas configuraciones del sistema, dependiendo de si existe o no conexión con una red eléctrica. Estas configuraciones, sobre todo la 2.2.4., contienen todos los detalles de la reivindicación novena, o bien las diferencias serían evidentes para un experto en la materia.

Por todo lo anterior, la novena reivindicación carecería de actividad inventiva.

Reivindicación décima

Esta reivindicación carecería de novedad por el mismo motivo que se ha indicado al comentar la reivindicación tercera.

Por todo lo anterior, en el momento presente no es claro qué parte de la solicitud podría servir como base para una/s nueva/s reivindicaciones. No obstante, en caso de que el solicitante considere que existe algún aspecto particular patentable deberá presentar nuevas reivindicaciones teniendo en cuenta el art. 26 de la L.P. y el art.7 del R.P.

En la carta de respuesta, el solicitante deberá indicar la diferencia que existe entre el objeto de las nuevas reivindicaciones, comparadas vis a vis con el estado de la técnica.

Si finalmente el solicitante decide responder a la presente comunicación, debería tener en cuenta lo siguiente: - Pequeñas modificaciones o meras combinaciones de las reivindicaciones no obviarán las objeciones mencionadas.

- Tal como indica el artículo 5.2.c del RP, el documento D1 debería ser identificado en la descripción, comentando cuál es la aportación más importante que hacen al estado de la técnica.